



(19)

(11) Publication number: 2002251850 A

Generated Document

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 2001050895

(51) Intl. Cl.: G11B 21/10

(22) Application date: 26.02.01

(30) Priority:

(43) Date of application
publication: 06.09.02(84) Designated
contracting states:

(71) Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(72) Inventor: INAJI TOSHIO
TAKASO HIROSHI

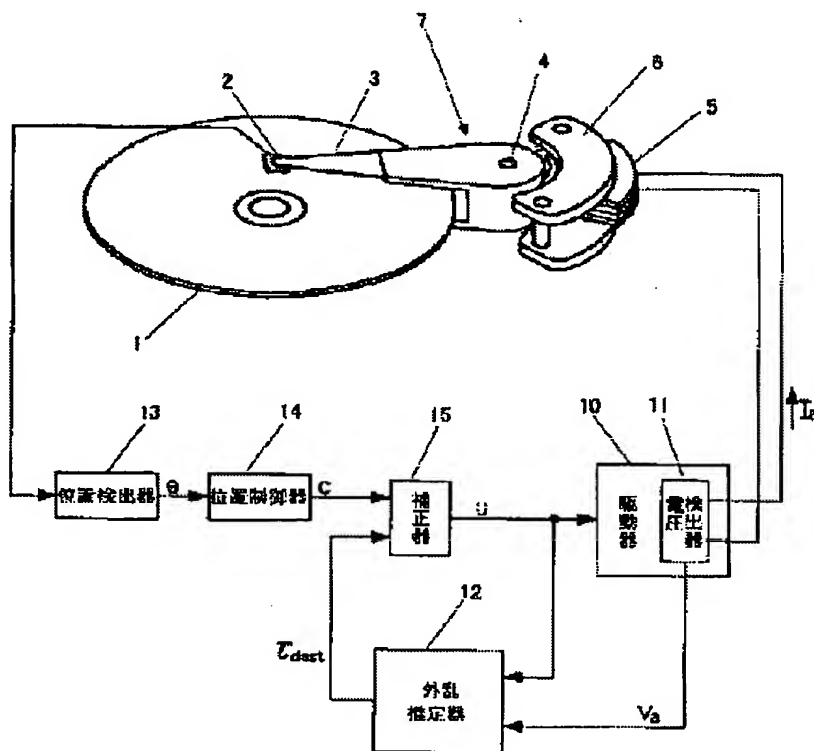
(74) Representative:

(54) DISK DEVICE

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a disk device permitting stable positioning control even if disturbances such as shocks and vibrations largely when a head is following up a track.

SOLUTION: The disk device is provided with an actuator 7 for positioning a magnetic head 2 to a disk 1, a means 10 for driving an actuator 7, a voltage detection means 11 for outputting a voltage signal V_a generated in driving the actuator 7, a disturbance estimation means 12 for estimating a size of a disturbance load τ_d applied to the magnetic head 2 from a driving signal u and the voltage signal V_a and outputting a disturbance estimation signal τ_{dest} , a position detection means 13 for generating a position error signal e corresponding to the present position of the magnetic head 2, a position control means 14 for generating a control signal c from the position error signal e , and a compensator 15 for outputting a driving signal u from the disturbance estimation signal τ_{dest} and the control signal c , and thus positioning of the head to a target track is stably performed against external shocks and vibrations.



- | | | |
|----------|-----------|----------------------|
| 1 磁気ディスク | 5 駆動コイル | c 制御信号 |
| 2 磁気ヘッド | 6 固定子 | u 駆動信号 |
| 3 アーム | 7 アクチュエータ | V_a 電圧信号 |
| 4 軸受 | | τ_{dest} 外乱推定信号 |

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-251850

(P2002-251850A)

(43) 公開日 平成14年9月6日 (2002.9.6)

(51) Int.Cl.⁷

G 1 1 B 21/10

識別記号

F I

G 1 1 B 21/10

テーマコード (参考)

L 5 D 0 9 6

V

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2001-50895 (P2001-50895)

(22) 出願日 平成13年2月26日 (2001.2.26)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 稲治 利夫

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 高祖 洋

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 100086737

弁理士 岡田 和秀

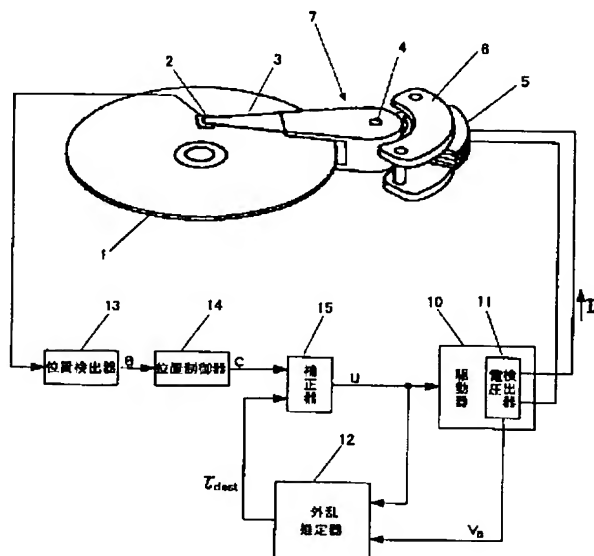
Fターム (参考) 5D096 AA02 BB01 CC01 EE03 GG10
HH18 KK02 KK12 VV10

(54) 【発明の名称】 ディスク装置

(57) 【要約】

【課題】 ヘッドのトラック追従時に衝撃や振動などの外乱の変動が大きくても安定な位置決め制御が可能なディスク装置を提供する。

【解決手段】 ディスク1に対する磁気ヘッド2の位置決めを行うアクチュエータ7と、アクチュエータ7の駆動手段10と、アクチュエータ7の駆動において発生する電圧信号Vaを出力する電圧検出手段11と、駆動信号uと電圧信号Vaから磁気ヘッド2に加わる外乱負荷 τ_d の大きさを推定し外乱推定信号 τ_{dest} を出力する外乱推定手段12と、磁気ヘッド2の現在位置に対応した位置誤差信号eを生成する位置検出手段13と位置誤差信号eより制御信号cを生成する位置制御手段14と、外乱推定信号 τ_{dest} と制御信号cより駆動信号uを出力する補正器15とを備え、外部からの衝撃や振動に対しても目標トラックへのヘッド位置決めを安定に行う。



1 磁気ディスク 5 駆動コイル c 制御信号

2 磁気ヘッド 6 固定子 u 駆動信号

3 アーム 7 アクチュエータ Va 電圧信号

4 軸受 τ_{dest} 外乱推定信号

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段と、前記アクチュエータ手段の駆動手段と、前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、前記駆動信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を出力する外乱推定手段と、前記ディスクに予め記録され前記ヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した誤差信号を生成し出力する位置検出手段と、前記誤差信号に対応した位置制御信号を生成し出力する位置制御手段とを具備し、前記駆動信号は前記位置制御信号と前記外乱推定信号を合成して得られるように構成されていることを特徴とするディスク装置。

【請求項2】 前記外乱推定手段は、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、前記駆動信号に第1の係数を乗算する第1の乗算手段と、前記比較手段の出力に第2の係数を乗算する第2の乗算手段と、前記比較手段の出力を積分する第1の積分手段と、前記第1の乗算手段の出力から前記第2の乗算手段の出力と前記第1の積分手段の出力との加算値を減算した値を積分する第2の積分手段とを具備し、前記比較手段が前記電圧信号と前記第2の積分手段の出力とを比較し、その結果を前記第2の乗算手段と前記第1の積分手段へ出力するように構成されていることを特徴とする請求項1に記載のディスク装置。

【請求項3】 ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段と、前記アクチュエータ手段の駆動手段と、前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、前記ディスクに予め記録され前記ヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した誤差信号を生成し出力する位置検出手段と、前記誤差信号に対応した位置制御信号を生成し出力する位置制御手段と、前記電圧信号と前記位置制御信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を出力する外乱推定手段とを具備し、前記駆動信号は前記位置制御信号と前記外乱推定信号を合成して得られるように構成されていることを特徴とするディスク装置。

【請求項4】 前記外乱推定手段は、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、前記位置制御信号に第1の係数を乗算する第1の乗算手段と、前記比較手段の出力に第2の係数を乗算する第2の乗算手段と、前記比較手段の出力を積分する第1の積分手段と、前記第1の乗算手段の出力から前記第2の乗算手段の出力を減算した値を積分する第2の積分手段とを具備し、前記比較手段が前記電圧信号と前記第2の積分手段の出力とを比較し、その結果を前記第2の乗算手段と前記第1の積分手段へ出力するように構成されていることを特徴とする請求項3に記載のディスク装置。

【請求項5】 前記外乱推定手段の制御帯域が、前記位置制御手段の制御帯域よりも大きく設定されていることを特徴とする請求項1から請求項4までのいずれかに記載のディスク装置。

【請求項6】 前記アクチュエータ手段は、空隙を介して対向する一対のヨークの前記空隙内でその少なくとも一方のヨーク側に固着された永久磁石と、前記永久磁石と前記ヨークから形成される磁気空隙内に配設される駆動コイルより構成され、前記駆動コイルと並列にコンデンサと抵抗を直列接続してなる回路が接続されていることを特徴とする請求項1から請求項5までのいずれかに記載のディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気ヘッドなどの記録／再生ヘッドをアクチュエータにより記録媒体であるディスクの目標トラックの所望の位置へ高精度に位置決めするディスク装置に関し、さらにディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータの受ける慣性力などの外乱によるヘッドのトラックずれを抑制するように構成されているディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、磁気ディスク装置は、小型化、大容量化が急速に進んでいる。磁気ディスク装置の大容量化については、磁気ディスクのトラック密度の高密度化が進み、トラックピッチはさらに狭くなる傾向にある。そのため、磁気ディスクにデータを記録再生するため、狭いトラックピッチで形成された目標トラックに磁気ヘッドを高い精度で位置決めすることが必要になってきている。

【0003】従来の磁気ディスク装置においては、磁気ヘッドを位置決めするために磁気ディスクにサーボ情報を予め形成しておき、このサーボ情報に従って磁気ヘッドの位置決め制御が行われている。すなわち、サーボ情報を磁気ヘッドで読み取ることにより、目標トラックに対する磁気ヘッドの位置誤差を示す誤差信号を生成し、この誤差信号の大きさが最小となるように磁気ヘッドは位置決め制御されている。

【0004】したがって、磁気ヘッドの位置決め精度を高めるためには、磁気ヘッドの位置決め制御系の制御周波数を高く設定して、磁気ヘッドを目標トラックに迅速に位置決めし、必要な位置決め精度を確保していた。

【0005】しかし、位置決め機構のアクチュエータ自体には高次の固有機械共振が存在する場合があります。位置決め精度を高めるため制御周波数を高くすると、その固有機械共振により位置決め制御系が不安定になってしまうという問題がある。したがって、実際にはアクチュエータ自体の固有機械共振により、制御周波数の帯域は制限されるため、位置決め制御系の制御周波数を高めることには限界があった。

【0006】そこで、磁気ヘッドの位置決め精度を高めるためには、位置決め精度を悪化させる要因であるアクチュエータに作用する外乱を低減することが行われている。

【0007】近年のトラック密度の高密度化とアクチュエータの小型軽量化により、アクチュエータに作用する外力が位置決め制御系に与える影響は大きい。しかも、磁気ディスク装置の小型化と高記録密度化に伴って、磁気ヘッドの高精度位置決めの要求は厳しくなる一方で、これら磁気ディスク装置では、フィードフォワード制御により外力を補償することが行われている。

【0008】例えば、磁気ディスクに記録されたサーボ情報からヘッド位置信号を得て、このヘッド位置信号とアクチュエータの駆動信号を入力とする外力推定手段により外力を補償する方法が提案されている（例えば、特開平9-231701号公報参照）。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の従来技術においては、外力推定手段は、ヘッド位置信号とアクチュエータの駆動信号とを入力とする。磁気ディスクに記録されたサーボ情報は、一定のサンプリング周期をもつ離散的な状態でディスクに記録されているため、ヘッド位置信号は連続信号ではない。したがって、外力推定手段の外力を推定できる制御帯域は、ディスク装置のセクタサーボのサンプリング周波数の影響を受け、セクタサーボのサンプリング周波数によって上限が存在することになる。その結果、アクチュエータ手段に加わる外力を正確に推定することができず、アクチュエータ手段に加わる軸受摩擦などの外乱を良好に打ち消すことができないといった問題があった。その結果、ヘッドを目標トラックに対して正確に追従させることができなかった。

【0010】本発明は、上記問題点に鑑み、アクチュエータ手段の軸受摩擦やアクチュエータ手段と回路基板とを接続するフレキシブルプリント回路（FPC）の弾性力やディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ手段に作用する慣性力などの外乱を補償することにより、狭いトラックピッチで形成された目標トラックに対してヘッドを高い精度で位置決め制御することが可能なディスク装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】アクチュエータ手段に加わる軸受摩擦や弾性力、衝撃や振動により受ける慣性力などによる外乱を打ち消すために、その外乱の大きさを推定する。この外乱の大きさを推定に際して、2つの要素を用いる。1つは、アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し、その検出結果としての電圧信号を用いる。もう1つは、アクチュエータ手段の駆動手段における駆動信号である。ここで、駆動手段における駆動信号としては、駆動手段に入力するものであっても

よいし、あるいは、駆動手段から出力するものであってもよい。また、駆動手段における駆動信号に代えて、その駆動信号を生成するものとなる位置制御信号を用いてもよい。すなわち、外乱の大きさを推定するための外乱推定手段を設け、この外乱推定手段をもって、電圧検出手段が検出した電圧信号と駆動手段における駆動信号または位置制御信号とを入力として、外乱推定信号を生成させる。2つの要素に基づいて生成した外乱推定信号は、ヘッドに実際に加わる外乱の大きさを正確に推定したものである。この結果、アクチュエータ手段の軸受摩擦やアクチュエータ手段と電子回路基板とを接続するFPCの弾性力やディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ手段の受ける慣性力などの外乱の大きさを正確に推定することができる。その推定にかかわる外乱が外乱推定信号となる。

【0012】以上のようにして正確に推定した外乱推定信号をもってアクチュエータ手段に加わる外乱を打ち消すように、その外乱推定信号を位置制御手段が出力する位置制御信号に合成して駆動信号を生成する。その駆動信号を用いてヘッドのアクチュエータ手段を駆動することにより、アクチュエータ手段に加わる軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱を良好に打ち消すことができる。すなわち、アクチュエータ手段に作用する軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外力に対する補償を行うことができるので、目標トラックに向かうフォローイング動作時にアクチュエータ手段に作用する外乱の変動が大きくても、ヘッドの目標トラックへの位置決め制御を安定に行うことができる。すなわち、位置決め精度を向上させることができる。また、その副次的効果として、実質的に、トラック密度の向上を可能となし、大容量のディスク装置の実現化を促すことができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を総括的に説明する。

【0014】本願第1の発明のディスク装置は、ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段と、前記アクチュエータ手段の駆動手段と、前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、前記駆動信号と前記電圧信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を出力する外乱推定手段と、前記ディスクに予め記録され前記ヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した誤差信号を生成し出力する位置検出手段と、前記誤差信号に対応した位置制御信号を生成し出力する位置制御手段とを具備し、前記駆動信号は前記位置制御信号と前記外乱推定信号を合成して得られるように構成されている。なお、この構成において、駆動手段における駆動信号としては、駆動手段に入力するものであってもよいし、あるいは、駆動手段から出力するものであってもよく、この点は以下でも同

様である。

【0015】この第1の発明による作用は次のとおりである。外乱推定手段は、アクチュエータ手段を駆動するための駆動手段に与える駆動信号とアクチュエータ手段から検出した電圧信号とに基づいて、アクチュエータ手段の軸受摩擦やアクチュエータ手段と電子回路基板とを接続するFPCの弾性力等の外乱の大きさやディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ手段の受ける慣性力を正確に推定することができる。その推定にかかわる外乱が外乱推定信号である。ここで、特に、目標トラックにヘッドを追従させるフォローイング動作時において駆動信号と電圧信号とからアクチュエータ手段に加わる軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱負荷の大きさを正確に推定できることが重要である。

【0016】以上のようにして正確に推定した外乱推定信号をもってアクチュエータ手段に加わる外乱を打ち消すように、その外乱推定信号を位置制御手段が出力する位置制御信号に合成して駆動信号を生成する。その駆動信号をもってヘッドのアクチュエータ手段を駆動すれば、アクチュエータ手段に加わる外乱を良好に打ち消すことができる。すなわち、アクチュエータ手段に作用する軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外力に対する補償を行うことができるので、目標トラックに向かうフォローイング動作時に外乱の変動が大きくても、ヘッドの目標トラックへの位置決め制御を安定に行うことができる。すなわち、位置決め精度を向上させることができる。

【0017】本願第2の発明のディスク装置は、上記の第1の発明において、前記外乱推定手段は、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、前記駆動信号に第1の係数を乗算する第1の乗算手段と、前記比較手段の出力に第2の係数を乗算する第2の乗算手段と、前記比較手段の出力を積分する第1の積分手段と、前記第1の乗算手段の出力から前記第2の乗算手段の出力と前記第1の積分手段の出力との加算値を減算した値を積分する第2の積分手段とを具備し、前記比較手段が前記電圧信号と前記第2の積分手段の出力とを比較し、その結果を前記第2の乗算手段と前記第1の積分手段へ出力するように構成されている。

【0018】この第2の発明による作用は次のとおりである。駆動信号を入力する第1の乗算手段の出力は、アクチュエータ手段に作用する駆動トルクに対応した駆動トルク推定信号となる。第2の積分手段の出力は、電圧検出手段から入力される電圧信号に対するフィードバック要素となる。電圧信号と第2の積分手段からのフィードバック要素との差分をとる比較手段の出力は、第1の積分手段と第2の乗算手段に与えられる。前記の差分を積分する第1の積分手段の出力は、アクチュエータ手段が軸受から受ける摩擦やFPCから受ける弾性力や衝撃や振動によりアクチュエータ手段の受ける慣性力などの外乱に対応した外乱推定信号となる。その外乱推定信号

に対して前記の差分に所定の係数を乗算した第2の乗算手段の出力を加算する。そして、前記駆動トルク推定信号から前記の加算値との差分をとって第2の積分手段に与える。

【0019】以上の結果として、第1の積分手段が出力する外乱推定信号は、アクチュエータ手段が軸受やFPCから受ける弾性力や衝撃や振動によりアクチュエータ手段の受ける慣性力などの外乱を正確に推定したものに相当している。そして、このように正確に割り出した外乱推定信号をもってアクチュエータ手段に加わる外乱を打ち消すようフィードフォワード制御を行うので、フォローイング動作においてアクチュエータ手段に作用する外乱に対する補償を行うことができ、フォローイング動作時にアクチュエータ手段での外乱の変動が大きくても、目標トラックに対するヘッドの位置決め制御を安定に行い、位置決め精度を向上させることができる。

【0020】本願第3の発明のディスク装置は、ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータ手段と、前記アクチュエータ手段の駆動手段と、前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、前記ディスクに予め記録され前記ヘッドにより検出されるサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した誤差信号を生成し出力する位置検出手段と、前記誤差信号に対応した位置制御信号を生成し出力する位置制御手段と、前記電圧信号と前記位置制御信号から前記ヘッドに加わる外乱の大きさを推定し外乱推定信号を出力する外乱推定手段とを具備し、前記駆動信号は前記位置制御信号と前記外乱推定信号を合成して得られるように構成されている。

【0021】この第3の発明による作用は次のとおりである。外乱推定手段は、アクチュエータ手段を駆動するため駆動手段に与えるように位置制御手段から出力された位置制御信号とアクチュエータ手段から検出した電圧信号とに基づいて、アクチュエータ手段の軸受摩擦やアクチュエータ手段と電子回路基板とを接続するFPCの弾性力や外部からの衝撃や振動によりアクチュエータ手段の受ける慣性力などの外乱の大きさを正確に推定することができる。ここで、特に、目標トラックにヘッドを追従させるフォローイング動作時において位置制御信号と電圧信号とからアクチュエータ手段に加わる軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱の大きさを正確に推定できることが重要である。

【0022】以上のようにして正確に推定した外乱推定信号をもってアクチュエータ手段に加わる外乱を打ち消すように、その外乱推定信号を位置制御手段が出力する位置制御信号に合成して駆動信号を生成する。その駆動信号をもってヘッドのアクチュエータ手段を駆動すれば、アクチュエータ手段に加わる軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱を良好に打ち消すことができる。すなわち、アクチュエータ手段に作用する軸受摩擦や弾性力や

慣性力などの外乱に対する補償を行うことができるので、目標トラックに向かうフォローイング動作時に外乱の変動が大きくても、ヘッドの目標トラックへの位置決め制御を安定に行うことができる。すなわち、位置決め精度を向上させることができる。

【0023】本願第4の発明のディスク装置は、上記の第3の発明において、前記外乱推定手段は、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、前記位置制御信号に第1の係数を乗算する第1の乗算手段と、前記比較手段の出力に第2の係数を乗算する第2の乗算手段と、前記比較手段の出力を積分する第1の積分手段と、前記第1の乗算手段の出力から前記第2の乗算手段の出力を減算した値を積分する第2の積分手段とを具備し、前記比較手段が前記電圧信号と前記第2の積分手段の出力とを比較し、その結果を前記第2の乗算手段と前記第1の積分手段へ出力するように構成されている。

【0024】この第4の発明による作用は次のとおりである。位置制御手段からの位置制御信号を入力する第1の乗算手段の出力は、アクチュエータ手段に作用する駆動トルクに対応した駆動トルク推定信号となる。第2の積分手段の出力は、電圧検出手段から入力される電圧信号に対するフィードバック要素となる。電圧信号と第2の積分手段からのフィードバック要素との差分をとる比較手段の出力は、第1の積分手段と第2の乗算手段に与えられる。前記の差分を積分する第1の積分手段の出力は、アクチュエータ手段が軸受から受ける摩擦やFPCから受ける弾性力や衝撃や振動によりアクチュエータ手段の受ける慣性力などの外乱に対応した外乱推定信号となる。前記駆動トルク推定信号から前記の差分に所定の係数を乗算した第2の乗算手段の出力との差分をとって第2の積分手段に与える。

【0025】以上の結果として、第1の積分手段が出力する外乱推定信号は、アクチュエータ手段が軸受やFPCから受ける外乱と衝撃や振動によりアクチュエータ手段の受ける慣性力を正確に推定したものに相当している。そして、このように正確に推定した外乱推定信号をもってアクチュエータ手段に加わる外乱を打ち消すようにフィードフォワード制御を行うので、フォローイング動作においてアクチュエータ手段に作用する外乱に対する補償を行うことができ、フォローイング動作時にアクチュエータ手段での外乱の変動が大きくても、目標トラックに対するヘッドの位置決め制御を安定に行い、位置決め精度を向上させることができる。さらに、上記の第2の発明で必要とした第1の積分手段と第2の乗算手段との加算を行う必要がなく、その加算のための手段を省略することが可能で、構成の簡素化をもたらすことができる。

【0026】本願第5の発明のディスク装置は、上記の第1～第4の発明において、前記外乱推定手段の制御帯

域が、前記位置制御手段の制御帯域よりも大きく設定されている。

【0027】この第5の発明による作用は次のとおりである。位置決め制御系の制御帯域を広げることは比例のゲインを大きくすることであるが、ディスク装置のセクタサーボのサンプリング周波数やアクチュエータ手段がもつ固有機械共振周波数によって上限が存在することになる。これに対して、外乱推定手段ではディスク装置のセクタサーボのサンプリング周波数の影響を受けない。したがって、外乱推定手段においては、その制御帯域を位置決め制御系の制御帯域よりも高く設定することができる。その結果として、より高い制御帯域にわたって、ヘッドを目標トラックに対して正確に追従させることができる。

【0028】本願第6の発明のディスク装置は、上記の第1～第5の発明において、前記アクチュエータ手段は、空隙を介して対向する一対のヨークの前記空隙内でその少なくとも一方のヨーク側に固着された永久磁石と、前記永久磁石と前記ヨークから形成される磁気空隙内に配設される駆動コイルより構成され、前記駆動コイルと並列にコンデンサと抵抗を直列接続してなる回路が接続されている。

【0029】この第6の発明による作用は次のとおりである。一般にアクチュエータ手段を構成する駆動コイルは抵抗成分だけでなくインダクタンス成分も有する。その結果、外乱推定手段の制御帯域を高くすると、このインダクタンスの影響により制御系が不安定になり、外乱推定手段の制御帯域を高くすることには限界がある。そこで、駆動コイルと並列にコンデンサと抵抗を直列接続してなる回路を接続することにより駆動コイルのインダクタンスの影響を除去し、その制御帯域を位置決め制御系の制御帯域よりも高く設定することができる。その結果として、より高い制御帯域にわたって、ヘッドを目標トラックに対して正確に追従させることができる。

【0030】なお、本発明は、磁気ディスク装置に適用する場合に最も有利に作用するが、必ずしも磁気ディスク装置にのみ限定されるものではない。

【0031】(具体的な実施の形態)以下、本発明にかかわるディスク装置の具体的な実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、同様の機能を有するものには同一の符号を付けて説明する。

【0032】(実施の形態1)図1は本発明の実施の形態1にかかわる磁気ディスク装置の構成を示すブロック図である。

【0033】図1において、符号の1は磁気ディスクで、スピンドルモータ(図示せず)により回転される。2は磁気ディスク1に対してデータを記録再生する磁気ヘッド、3はアームで、一端に搭載された磁気ヘッド2を軸受4の周りに回動させることにより、磁気ヘッド2を磁気ディスク1における目標トラックへ移動させる。

5はアーム3の後端に設けられた駆動コイル、6は固定子(ヨーク)で、駆動コイル5に対向する面にはマグネット(永久磁石;図示せず)が配置されている。固定子6は、空隙を介して対向する一対のヨークからなり、その空隙内でその少なくとも一方のヨーク側に前記マグネットが固着されている。固定子6に配置されたマグネットが発生する磁束と駆動コイル5に通電される電流が作る磁界との相互作用によりアーム3は回転力を受ける。磁気ヘッド2、アーム3、軸受4、駆動コイル5、固定子6によりアクチュエータ7を構成している。

【0034】10は駆動器、11は駆動器10に含まれる電圧検出器で、駆動コイル5の両端に発生する電圧を検出し、電圧信号Vaを出力する。12は外乱推定器で、電圧検出器11の出力する電圧信号Vaと駆動器10の入力である駆動信号uとからアーム3に作用する外乱トルクを推定し、外乱推定信号 τ_{dest} を出力する。

【0035】磁気ディスク1の各セクタには予めサーボ情報としてトラックの位置信号が記録されており、この位置信号は磁気ヘッド2により読み込まれる。位置検出器13は、磁気ヘッド2により読み込まれた位置信号により磁気ヘッド2の現在位置を検出し、目標トラックの目標位置rとの差を示す位置誤差信号eを生成する。位置制御器14は、位置検出器14で生成された位置誤差信号eが入力されて、増幅および位相補償が行われ、位置制御信号cを生成する。15は補正器で、位置制御器14の位置制御信号cと外乱推定器12の外乱推定信号 τ_{dest} とが入力され、補正器15で補正演算を施した後、駆動信号uを駆動器10へ入力する。駆動器10は、入力された駆動信号uに応じて駆動コイル5に駆動電流Iaを通電し、アーム3を軸受4を中心に回転させ、アーム3の先端に取り付けられた磁気ヘッド2を回転移動させ、磁気ディスク1にデータを記録再生するために、磁気ヘッド2を狭いトラックピッチで形成された目標トラックに高い精度で位置決めさせるように構成されている。

【0036】ここで、特許請求の範囲の記載との対照を行うと、駆動器10が駆動手段に相当し、電圧検出器11が電圧検出手段に相当し、外乱推定器12が外乱推定手段に相当し、位置検出器13が位置検出手段に相当し、位置制御器14が位置制御手段に相当している。

【0037】次に、実施の形態1の磁気ディスク装置の位置決め制御系の動作について図2を用いて説明する。図2は、実施の形態1の磁気ディスク装置における位置制御系の全体構成を示すブロック線図である。

【0038】図中の一点鎖線で囲んだ部分30が外乱推定器12のブロックである。同じく一点鎖線で囲んだ部分47が補正器15のブロックである。なお、図2において、sはラプラス演算子を表すものである。また、図2において、セクタサーボのサンプリングによるホール

してある。

【0039】図2において、磁気ヘッド2の検出した現在トラック位置をxとすれば、目標トラック位置rに対する位置誤差信号eは、(数1)で表され、この位置誤差信号eは比較器20で得られる。

【0040】

【数1】

$$e = r - x$$

図2のブロック21で表される位置制御器14は、比較器20から出力される位置誤差信号eに伝達関数Gx

(z)のディジタルフィルタ処理を施し、位置制御信号cを生成して、ブロック47で表される補正器15へ出力される。位置決め制御系は、通常のPID制御が施され、位置制御器14の伝達関数は、(数2)で表現できる。

【0041】

【数2】

$$G_x(z) = K_x \{ 1 + a_d (1 - z^{-1}) + a_i \frac{z^{-1}}{1 - z^{-1}} \}$$

20

ここで、 z^{-1} は1サンプル遅延を示し、 K_x は位置決め制御系の比例ゲインを示す。係数 a_d 、 a_i は周波数特性を表す定数を示し、係数 a_d は微分係数、係数 a_i は積分係数である。位置制御信号cは加算器46を経由して駆動信号uとなる。駆動信号uは、ブロック22(伝達関数はgm)の駆動器10において、電圧信号からgm倍の電流信号に変換され、駆動電流Iaを出力する。ブロック23で表されるアクチュエータ7において、駆動コイル5に通電される駆動電流Iaは、それが作る磁界と前述した固定子6のマグネットの磁束との相互作用により伝達関数Ktで駆動トルク τ に変換される。ここで、伝達関数Ktはアクチュエータ7のトルク定数である。ブロック24の伝達関数(Lb/J・s)は、アーム3に作用する駆動トルク τ から磁気ヘッド2の移動速度vへの伝達特性を表わす。ここで、Jはアーム3の慣性モーメントを示し、Lbはアーム3の軸受4から磁気ヘッド2までの距離を示している。ブロック25は積分器で、伝達関数は1/sで表され、磁気ヘッド2の移動速度vは現在トラック位置xに変換される。

30

40

【0042】ブロック26とブロック27で表される電圧検出器11において、ブロック26はアクチュエータ7が回転することにより駆動コイル5の両端に発生する誘起電圧Eaを出力し、ブロック27は駆動コイル5に駆動電流Iaが通電されることにより発生する電圧降下分(Ra+La・s)・Iaを出力し、加算器28でそれぞれを加算することによりアクチュエータ7の端子電圧を電圧信号Vaとして出力する。すなわち、

【0043】

【数3】

$$V_a = E_a + (R_a + L_a \cdot s) I_a$$

50

の関係がある。ここで、 R_a は、駆動コイル5のコイル抵抗、 L_a は駆動コイル5のインダクタンスを示す。

【0044】アクチュエータ7の軸受摩擦やアクチュエータ7と電子回路基板とを接続するFPCの弾性力や磁気ディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ7の受ける慣性力などのアーム3に作用する外乱 τ_d は、加算器29でブロック24の前段に入力される形に表現できる。

【0045】図2の一点鎖線で囲んだ部分のブロック30は、外乱推定器12のブロック線図を示すもので、このブロック30は、駆動器10であるブロック22の伝達関数と同じ伝達関数をもつブロック32と、アクチュエータ7であるブロック23の伝達関数と同じ伝達関数をもつブロック33と、ブロック24の伝達関数と同じ伝達関数をもつブロック34と、電圧検出器11であるブロック26の伝達関数と同じ伝達関数をもつブロック35と、ブロック27の伝達関数と同じ伝達関数をもつブロック39を含んでいる。ブロック32とブロック33を合わせたものが第1の乗算器、ブロック44が第2の乗算器、ブロック43が第1の積分器、ブロック34とブロック35を合わせたものが第2の積分器をそれぞれ構成している。ここで、ブロック30の各定数のサフィックス“n”は公称値を示し、“est”を付した変数は推定値を示す。ここで、特許請求の範囲の記載との対照を行うと、第1の乗算器が第1の乗算手段に相当し、第2の乗算器が第2の乗算手段に相当し、第1の積分器が第1の積分手段に相当し、第2の積分器が第2の積分手段に相当し、比較器37が比較手段に相当している。

【0046】ブロック22に入力される駆動信号 u は、外乱推定器12を構成するブロック32にも入力され、ブロック32とブロック33とで $(g_{mn} \cdot K_{tn})$ 倍することによりアーム3に作用する駆動トルク τ と同一の駆動トルク推定信号 τ_{est} が得られる。

【0047】図2において、ブロック34からは速度推定信号 v_{est} が出力される。ブロック35で、速度推定信号 v_{est} を K_{vn} 倍することにより得られた誘起電圧推定信号 $E_{a_{est}}$ と、アクチュエータ7に推定電流 $I_{a_{est}}$ が通電されることにより発生する電圧降下分 $(R_a + L_a \cdot s) \cdot I_{a_{est}}$ とが加算器36で加算され、加算器36からは、電圧推定信号 $V_{a_{est}}$ が出力される。電圧推定信号 $V_{a_{est}}$ は、比較器37に入力され、実際に検出された電圧信号 V_a と比較され、その結果の誤差信号 $\alpha (= V_a - V_{a_{est}})$ がブロック43で表される第1の積分器とブロック44で表される第2の乗算器とに入力される。第1の積分器43は、誤差信号 α を積分し、外乱についての外乱推定信号 $\tau_{d_{est}}$ を出力する。ブロック44で表される第2の乗算器には誤差信号 α が入力され、 g_1 倍されて加算器38に加えられる。加算器38の出力は減算器31に入力され、ブロック33の出力する駆動トルク

推定信号 τ_{est} から加算器38の出力を減算した結果 γ をブロック34に出力する。

【0048】なお、ブロック44の係数 g_1 とブロック43の係数 g_2 は、外乱推定器12の動作を安定化するための定数であり、その詳細については後述する。

【0049】図2において、一点鎖線で囲んで示したブロック47は、補正器15のブロック線図である。この補正器15に含まれるブロック45は、外乱推定信号 $\tau_{d_{est}}$ を $1 / (g_{mn} \cdot K_{tn})$ 倍することにより、アーム3に外乱推定信号 $\tau_{d_{est}}$ に相当する大きさの駆動力を発生させるのに必要な駆動器10への補正信号 β を生成する。補正信号 β は加算器46において位置制御信号 c に加算される。

【0050】次に、ブロック30の外乱推定器12の動作について図3を参照して詳細に説明する。

【0051】図3(a)は、図2のブロック30を書き直したブロック線図で、駆動信号 u の入力から外乱推定信号 $\tau_{d_{est}}$ の出力までの伝達を示す。図3(b)は、図3(a)のブロック線図において、(数3)をもとに電圧信号 V_a の入力位置(比較器37)を等価的に変換移動することにより、図3(a)のブロック線図を変形したブロック線図である。ここで、説明を簡単にするため、図2のブロック22の g_m とブロック32の g_{mn} の値とが等しく、

【0052】

【数4】

$$g_m = g_{mn}$$

と仮定し、駆動電流 $I_a (= g_m \cdot u)$ と推定電流 $I_{a_{est}} (= g_{mn} \cdot u)$ とが等しいものとした。

【0053】(数3)の第1項と第2項に着目して、第1項の E_a は、大きさを $(J_n \cdot s) / (L_{bn} \cdot K_{vn})$ 倍すれば、図3(a)の比較器37の入力位置を図3(b)に示す減算器48の入力位置に等価的に移動することができる。また、(数2)の第2項の $(R_a + L_a \cdot s) \cdot I_a$ は、図3(a)のブロック39に含めて、図3(b)のブロック49のように表現することができる。

【0054】図3(b)の減算器48に着目すると、減算器48の出力である δ は(数5)のように表される。

【0055】

【数5】

$$\delta = K_{tn} \cdot I_a - \frac{J_n \cdot s}{L_{bn} \cdot K_{vn}} E_a$$

次に、図2の比較器25、ブロック24、26に着目すると、(数6)の関係がある。

【0056】

【数6】

$$E_a = \frac{L_b \cdot K_v}{J \cdot s} (K_t \cdot I_a - \tau d) \quad 13$$

ここで、簡単のために、

【0057】

【数7】

$$K_t = K_{tn}$$

【0058】

【数8】

$$\frac{L_b \cdot K_v}{J} = \frac{L_{bn} \cdot K_{vn}}{J_n}$$

と仮定し、(数6)を(数5)に代入すると、(数5)

$$\tau_{dest} = \frac{\frac{L_{bn}}{J_n} \cdot K_{vn} \cdot g_2}{s^2 + \frac{L_{bn}}{J_n} \cdot K_{vn} \cdot g_1 \cdot s + \frac{L_{bn}}{J_n} \cdot K_{vn} \cdot g_2} \cdot \tau d$$

(数10)から、外乱推定器12は、図2の一点鎖線で囲んだブロック30内のループによって、駆動信号uと電圧信号Vaとから実際の外乱τdを2次遅れ系で推定できることが分かる。

【0062】ここで、2次遅れ系の自然角周波数(推定角周波数)をωo、ダンピングファクタをζoとすれば、外乱推定器12の動作を安定化する定数g1およびg2はそれぞれ下記の(数11)および(数12)で表される。

【0063】

【数11】

$$g_1 = 2\zeta_o \cdot \omega_o \cdot \frac{J_n}{L_{bn} \cdot K_{vn}}$$

【0064】

【数12】

$$g_2 = \omega_o^2 \cdot \frac{J_n}{L_{bn} \cdot K_{vn}}$$

ここで、推定角周波数ωoを位置制御帯域fcより十分高く設定し、ダンピングファクタζoを0.7~1に選べば、外乱推定器12により軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱τdを正確に推定することができる。

【0065】(数10)を(数11)、(数12)を用いて変形すると、

【0066】

【数13】

$$\tau_{dest} = \frac{\omega_o^2}{s^2 + 2\zeta_o \cdot \omega_o \cdot s + \omega_o^2} \cdot \tau d$$

となる。すなわち、図3(a)の外乱推定器12のブロック線図は、図3(c)のブロック52に示すように簡略化することができる。

【0067】次に、ブロック47で示す補正器15の動

は、(数9)のように変形される。

【0059】

【数9】

$$\delta = \tau d$$

すなわち、減算器48の出力であるδは、アーム3に加わる外乱τdに等しい。

【0060】したがって、図3(b)のブロック線図より、アーム3に加わる外乱τdから外乱推定信号τdestまでの伝達関数を求めると、(数10)に示すようになる。

【0061】

【数10】

作について図4を参照して詳細に説明する。

【0068】図2の一点鎖線で囲んだ部分のブロック47は、補正器15のブロック線図を示す。ブロック45は、外乱推定信号τdestを1/(gmn・Ktn)倍した補正信号βを加算器46へ出力する。すなわち、外乱推定信号τdestを1/(gmn・Ktn)倍することにより、アクチュエータ7に外乱推定信号τdestに相当する大きさの駆動力を発生させるに必要な補正信号βを加算器46へ出力させる。さらに補正信号βは、ブロック22とブロック23とによりgmn・Ktn倍されることから、大きさを合わせるために前もって、外乱推定信号τdestを1/(gmn・Ktn)倍している。

【0069】以上をまとめると、実施の形態1の磁気ディスク装置は、アクチュエータ7の軸受摩擦やアクチュエータ7と電子回路基板とを接続するフレキシブルプリント基板の弾性力や磁気ディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ7の受ける慣性力などによる外乱τdを打ち消すように、外乱推定信号τdestをアクチュエータ7に作用させるように構成されていることができる。

【0070】図4(a)は、図2のブロック線図において、補正器15の動作に関連する加算器46から比較器25、ブロック24までの部分を抜き出したブロック線図である。図4(b)は、比較器25に加わる外乱τdとブロック52に加わる外乱τdとを、1つのτdにまとめたブロック線図である。なお、図2のブロック線図と同一の機能を有するものについては同一の符号を付して重複した説明は省略する。

【0071】図4(a)のブロック線図において、ブロック52は図3(c)のブロック52に相当し、(数10)で表わされる伝達関数を有する。

【0072】したがって、図4(b)よりアーム3に外

部から加わる外乱 τd は、(数14)の伝達関数で表されるフィルタを通してヘッド位置制御系に加わるものと考えることができる。

【0073】

【数14】

$$G_d(s) = 1 - \frac{\omega_o^2}{s^2 + 2\zeta_o \cdot \omega_o \cdot s + \omega_o^2}$$

$$= \frac{s^2 + 2\zeta_o \cdot \omega_o \cdot s}{s^2 + 2\zeta_o \cdot \omega_o \cdot s + \omega_o^2}$$

図5は、(数14)で表される伝達関数 $G_d(s)$ の周波数特性を折れ線近似で示したものである。図5に示す伝達関数 $G_d(s)$ の周波数特性から角周波数 ω_o より低い角周波数では、ゲインは0dB以下であり、角周波数 ω の下降に伴って、 $-20\text{dB}/\text{dec}$ (ディケード)の減衰比で減衰している。 dec は10倍を意味する。すなわち、伝達関数 $G_d(s)$ は、図5より、角周波数 ω_o より低い周波数を抑制することができる低域遮断フィルタ特性を有している。

【0074】すなわち、本発明の実施の形態1の磁気ディスク装置は、アーム3に軸受摩擦や弾性力や慣性力などによる外乱 τd が作用しても、この外乱 τd を外乱推定器12により推定し、外乱推定信号 τd_{est} でもって外部から加わった外乱 τd を打ち消すように制御するように構成されている。したがって、外部から加わった外乱 τd が、あたかも(数14)および図5の遮断周波数特性を有するフィルタを通してヘッド位置決め制御系に加わったように作用する。

【0075】したがって、本発明の実施の形態1の磁気ディスク装置では角周波数 ω_o 以下の周波数においては、1次の低域遮断特性でアクチュエータ7の軸受摩擦やアクチュエータ7と電子回路基板とを接続するFPCの弾性力や磁気ディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ7の受ける慣性力などによる外乱を抑制することができる。

【0076】すなわち、本発明の実施の形態1の磁気ディスク装置は、外部から振動や衝撃が加わりアクチュエータ7に外乱 τd が作用しても、この外乱 τd を外乱推定器12により推定し、外部から加わった外乱 τd を打ち消すように制御するように構成されているので、あたかも磁気ディスク装置に機械的な防振機構を施したような効果がある。

【0077】図6は、本発明の実施の形態1の磁気ディスク装置の外乱推定器12の外乱抑制効果について、さらに詳しく説明するための時間応答波形図である。

【0078】図6(a)は、外部から最大角加速度($d\omega_o/dt$)が 1000rad/s^2 (ラジアン/秒²)の半正弦波状の回転衝撃が磁気ディスク装置に加わったときに、アクチュエータ7が受ける慣性力の外乱 τd の

波形61(破線で示す)と、外乱推定器12が出力する外乱推定信号 τd_{est} の波形62を示す。アクチュエータ7の軸受4の回りの慣性モーメント J を $1\text{g}\cdot\text{cm}^2$ とすれば、外乱 τd の最大値は、

【0079】

【数15】

$$\tau d_{\text{max}} = J \cdot \frac{d\omega_o}{dt}$$

$$= 1000\text{dyn}\cdot\text{cm}$$

となる。

【0080】ここで、(数11)および(数12)の制御パラメータを決定する推定周波数 f_o ($\omega_o = 2\pi f_o$)とダンピングファクタ ζ_o の値をそれぞれ、 3kHz および1に選び、位置制御系の制御帯域を 400Hz に設定してシミュレーションを行った。

【0081】外乱推定器12は、駆動器10の入力である駆動信号 u と電圧検出器11の出力する電圧信号 V_a からアクチュエータ7に作用する外乱トルク τd を推定し、わずかの時間遅れは存在するが、実際の外乱 τd とほぼ相似の外乱推定信号 τd_{est} を出力する。

【0082】図6(b)は、外乱推定器12の出力する外乱推定信号 τd_{est} を補正器15に入力して外乱 τd による変動を打ち消すように外乱推定信号 τd_{est} をアクチュエータ7に作用させた場合の駆動電流 I_a の波形64と、外乱推定信号 τd_{est} を補正器15に入力しない場合の駆動電流 I_a の波形63のシミュレーション結果を示す。なお、アクチュエータ7のトルク定数 K_t は、 $23\text{dyn}\cdot\text{cm}/\text{mA}$ である。

【0083】磁気ディスクに記録されたサーボ情報は、一定のサンプリング周期をもつ離散的な状態でディスクに記録されているため、ヘッド位置信号は連続信号ではない。したがって、デジタル処理の行われる位置制御器14の制御信号 c は、階段状に変化する。その結果、外乱推定信号 τd_{est} を補正器15に入力しない場合のアクチュエータ7の駆動電流 I_a の波形は、制御信号 c の波形と同じになり、図6(b)の波形63に示すように階段状に変化する($I_a = g_m \cdot c = g_m \cdot u$)。外乱推定信号 τd_{est} を補正器15に入力した場合のアクチュエータ7の駆動電流 I_a の波形64は、位置制御器14の制御信号 c に外乱推定器12の外乱推定信号 τd_{est} を補正器15により加算されて生成されるため、磁気ディスク装置に回転衝撃が加わった時点($t=0$)からの時間遅れが、図6(b)の波形63に比べて少ない。

【0084】図6(c)は、外乱推定器12の出力する外乱推定信号 τd_{est} を補正器15に入力して外乱の変動を打ち消すように外乱推定信号 τd_{est} をアクチュエータ7に作用させた場合の位置誤差信号 e の波形66と、外乱推定器12を適用しない場合の位置誤差信号 e の波形

65のシミュレーション結果を示す。外部から半正弦波状の回転衝撃が磁気ディスク装置に加わっても、外乱推定器12を適用すれば、波形66のように位置誤差信号eは大きく変動せず、外乱推定器12を適用しない場合の波形65と比較して外乱抑制効果が改善されている。

【0085】その結果、本発明の実施の形態1の磁気ディスク装置は、外乱推定器12により、外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ7の受ける慣性力などによる外乱を正確に検出することができ、外乱によるトラックずれを抑制することができ、磁気ヘッド2は目標トラックに高精度に位置決め制御される。したがって、本発明の実施の形態1の磁気ディスク装置は、衝撃や振動に対して安定なトラッキング制御が可能で、磁気ディスク装置の信頼性を向上させることができる。

【0086】図7は、図2の実施の形態1の磁気ディスク装置における位置決め制御系のブロック線図において、トラック誤差（位置誤差信号）eからヘッド位置xまでの伝達を示すオープンループ周波数特性図である。図7のゲイン特性図よりオープンループゲインが零になるゲイン交点周波数fcは400Hzである。また、図7の位相特性図よりゲイン交点周波数fcにおいて、そのときの位相余裕 θ_m は60度あり、安定なヘッド位置決め制御系が構成されている。これは、図2の一点鎖線で囲んだ外乱推定器12のブロック30において、駆動電流 I_{a_est} が駆動コイルに流れることにより発生するコイル抵抗 R_{an} とコイルインダクタンス L_{an} の電圧降下分を求めるために $(R_{an} + L_{an} \cdot s)$ のブロック39を忠実に表現したからである。実際には、コイルインダクタンス L_{an} は、コイル抵抗 R_{an} に比べて小さいため、精度良く回路で構成するのが難しい。また、 $L_{an} \cdot s$ は微分要素であるため、特にノイズの影響を受けやすく、回路を構成するときには特に注意が必要である。

【0087】図8は、図2の位置決め制御系のブロック線図において、外乱推定器12に含まれるブロック30で、駆動電流 I_{a_est} が駆動コイルに流れることにより発生する電圧降下分のうち、コイル抵抗 R_{an} の電圧降下分だけを考慮しコイルインダクタンス L_{an} の電圧降下分を無視したときのトラック誤差（位置誤差信号）eからヘッド位置xまでの伝達を示すオープンループ周波数特性図である。図8のゲイン特性図および位相特性図より明らかなように、外乱推定器12に含まれるブロック30で駆動コイルのコイルインダクタンス L_{an} を簡単化のために省略すると、外乱推定器12を含めたヘッドの位置決め制御系は不安定となる。すなわち、図8のゲイン特性図よりオープンループゲインが零になるゲイン交点周波数fcは200Hzで、そのときの位相は-180度よりさらに遅れ位相となっているので制御系は不安定である。駆動コイルに含まれるコイルインダクタンス L_{an} による電圧降下分は、コイル抵抗 R_{an} による電圧降下分比べると小さいが、ブロック30に含まれる $(L_{an} \cdot s)$ の項は、図2に示す位置決め制御系の安定化のためには重要な要素である。

s)の項は、図2に示す位置決め制御系の安定化のためには重要な要素である。

【0088】ブロック30に含まれる $(L_{an} \cdot s)$ の項を省略すると、図2に示す位置決め制御系が不安定になるのは、実際の駆動コイル5がコイル抵抗 R_a とコイルインダクタンス L_a の成分を有するにもかかわらず、外乱推定器12にコイルインダクタンス L_{an} の成分を含めなかったためである。したがって、位置決め制御系を安定化するために、駆動コイル5の有するコイルインダクタンス分を等価的に零にすることを考える。

【0089】図9は、位置決め制御系を安定化するための回路構成図で、コンデンサCと抵抗rを直列接続した回路を駆動コイル5に並列接続してある。図9において、駆動コイル5に、コンデンサCおよび抵抗rを直列接続した回路を並列接続したときの合成インピーダンス Z_a は、(数16)で表される。

【0090】

【数16】

$$Z_a = \frac{(R_a + L_a \cdot s) \cdot (r + 1/C \cdot s)}{R_a + r + L_a \cdot s + 1/C \cdot s}$$

(数16)において、抵抗rとコンデンサCの値をそれぞれ、

【0091】

【数17】

$$r = R_a$$

【0092】

【数18】

$$C = \frac{L_a}{R_a^2}$$

に選ぶと、(数16)の Z_a は、(数19)のように表現できる。

【0093】

【数19】

$$Z_a = R_a$$

すなわち、図9に示す回路を構成する抵抗rとコンデンサCの値をそれぞれ(数17)、(数18)のように設定すると、駆動コイル5の両端の合成インピーダンス Z_a は、(数19)より抵抗 R_a と等しくなり、駆動コイル5は等価的にコイルインダクタンス L_a を含まなくなる。したがって、図9に示すように、抵抗rとコンデンサCを直列接続してなる回路を駆動コイル5に並列接続すれば、図2の位置決め制御系のブロック線図において、外乱推定器12に含まれるブロック30で、駆動電流 I_{a_est} が駆動コイルに流れることにより発生するコイル抵抗 R_{an} の電圧降下分だけを考慮すればよく、図2の外乱推定器12に含まれるブロック39の代わりに図10のブロック49を使用すればよい。その結果、外乱推定器12をより簡単に構成することができる。

【0094】図8の点線で示した波形は、図2の実施の

形態 1 の磁気ディスク装置における位置決め制御系のブロック線図において、ブロック 39 を図 10 のブロック 49 に置き換えアクチュエータ 7 の駆動コイル 5 の両端に (数 17) と (数 18) で表される抵抗 r とコンデンサ C を直列接続してなる回路を並列接続したときのトラック誤差 (位置誤差信号) e からヘッド位置 x までの伝達を示すオープンループ周波数特性である。図 7 のオープンループ周波数特性とほぼ同じの特性が得られることが分かる。

【0095】なお、上述した本発明の実施の形態 1 の磁気ディスク装置では、外乱推定器 12 に対する一方の入力信号としてブロック 47 から出力される駆動信号 u を入力するように構成したが、駆動信号 u の代わりにブロック 22 から出力される駆動器 10 の出力する駆動電流 I_a を用いても同様の効果を得ることができることは言うまでもない。

【0096】(実施の形態 2) 図 11 は本発明の実施の形態 2 にかかわる磁気ディスク装置の構成を示すブロック線図である。図 12 は、実施の形態 2 の磁気ディスク装置におけるヘッド位置決め制御系の全体構成を示すブロック線図である。なお、前述の実施の形態 1 と同一の機能を有するものについては同一の参照符号を付して重複した説明は省略する。

【0097】図 11 に示す実施の形態 2 の磁気ディスク装置において、図 1 の実施の形態 1 と異なるところは、外乱推定器に入力される信号である。すなわち、図 1 の実施の形態 1 では、電圧検出器 11 の生成する電圧信号 V_a と駆動信号 u とが外乱推定器 12 へ入力される構成であったが、図 11 の実施の形態 2 では、電圧検出器 11 の生成する電圧信号 V_a と位置制御器 14 の生成する位置制御信号 c とが外乱推定器 16 に入力されるように構成されている。

【0098】図 11 の外乱推定器 16 で生成された外乱推定信号 τ_{dest} は、補正器 15 に入力されている。補正器 15 は、位置制御器 14 の出力する位置制御信号 c と外乱推定器 16 の外乱推定信号 τ_{dest} とが入力され、補正器 15 で補正演算を施した後、駆動信号 u を駆動器 10 へ出力する。

【0099】図 12 の一点鎖線で囲んだ部分のブロック 60 が外乱推定器 16 のブロック線図である。外乱推定器 16 には、加算器 28 の出力である電圧検出器 11 の生成する電圧信号 V_a とブロック 21 で表される位置制御器 14 の生成する位置制御信号 c とが入力される。

【0100】前述の実施の形態 1 の外乱推定器 12 では、次のようにしていた。第 1 の積分器のブロック 43 の係数 ($g2/s$) を乗算して得られた信号と第 2 の乗算器のブロック 44 の係数 ($g1$) を乗算して得られた信号とを加算器 38 で加算する。その加算結果で得られた信号と、第 1 の乗算器のブロック 41 の係数 ($gmn \cdot Ktn$) を乗算して得られた駆動トルク推定信号 τ_{est} と

が減算器 31 に入力される。減算器 31 で減算して得られた信号 γ を第 2 の積分器のブロック 42 に入力していた。すなわち、補正信号 β が加算された駆動信号 u を外乱推定器 12 に入力しているために、図 2 の加算器 38 を必要としていた。

【0101】しかし、実施の形態 2 の外乱推定器 16 では、補正信号 β が加算される前の位置制御信号 c を入力する構成であるため、図 2 に示すような加算器 38 は不要である。

【0102】なお、図 12 において、ブロック 32 とブロック 33 を合わせたブロック 41 が第 1 の乗算器、ブロック 44 が第 2 の乗算器を構成し、ブロック 43 が第 1 の積分器、ブロック 34 とブロック 35 を合わせたブロック 42 が第 2 の積分器を構成している。

【0103】このように構成された実施の形態 2 の磁気ディスク装置における外乱推定器 16 の動作について、前述の実施の形態 1 の外乱推定器 12 の動作と比較して図 2 および図 12 を参照しつつ説明する。

【0104】まず、図 2 において、実施の形態 1 の外乱推定器 12 を構成する第 2 の積分器 42 の入力を γ とすれば、信号 γ は、減算器 31 に着目して、

【0105】

【数 20】

$$\begin{aligned}\gamma &= \tau_{est} - (\tau_{dest} + g1 \cdot \alpha) \\ &= gmn \cdot Ktn \cdot u - (\tau_{dest} + g1 \cdot \alpha)\end{aligned}$$

ところが、駆動信号 u は、図 2 の加算器 46 に着目して (数 21) で表わされる。

【0106】

【数 21】

$$u = c + \beta$$

$$= c + \frac{1}{gmn \cdot Ktn} \cdot \tau_{dest}$$

したがって、(数 20) および (数 21) より、信号 γ は、(数 22) で表わすことができる。

【0107】

【数 22】

$$\gamma = gmn \cdot Ktn \cdot c - g1 \cdot \alpha$$

(数 22) をもとにして、図 2 に示す実施の形態 1 の外乱推定器 12 のブロック線図 30 を書き換えると、図 12 に示す外乱推定器 16 のブロック線図 60 のようになる。図 12 に示すように、位置制御器 14 (ブロック 21) の生成する位置制御信号 c がブロック 32 の乗算器に入力され、ブロック 32 の出力はブロック 33 の乗算器に入力されている。このため、位置制御信号 c に係数 ($gmn \cdot Ktn$) を乗算することにより駆動トルク推定信号 τ_{est} を求めることができる。

【0108】一方、外乱推定信号 τ_{dest} は、ブロック47で表される補正器15に入力される。したがって、前述の実施の形態1と同様に実施の形態2の磁気ディスク装置は、外乱推定器16の働きにより、電圧検出器11の生成する電圧信号 V_a と位置制御器14の生成する位置制御信号 c とからアーム3に作用する外乱トルクを推定し、外乱推定信号 τ_{dest} を出力する。外乱推定信号 τ_{dest} は、軸受摩擦や弾性力や慣性力などのアーム3に作用する外乱 τd を打ち消すように補正器15に入力される。

【0109】その結果、本発明の実施の形態2の磁気ディスク装置は、外乱推定器16により、外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ7の受ける慣性力などによる外乱を正確に検出することができる。アクチュエータ7に加わる軸受摩擦やFPCの弾性力や外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ7の受ける慣性力などによる外乱 τd が作用しても、この外乱 τd を外乱推定器16により推定し、推定された外乱推定信号 τ_{dest} をもって外部から加わった外乱 τd を打ち消すように制御するように構成されている。したがって、実施の形態1と同様、外部から加わった外乱 τd が、あたかも（数14）および図5の遮断周波数特性を有するフィルタを通して位置決め制御系に加わったように作用する。したがって、本発明の実施の形態2の磁気ディスク装置では角周波数 ω_0 以下の周波数においては、1次の低域遮断特性で外乱を抑制することができる。外乱によるトラックずれを抑制することができ、磁気ヘッド2は目標トラックに高精度に位置決め制御される。したがって、衝撃や振動に対して安定なトラッキング制御が可能で、磁気ディスク装置の信頼性を向上させることができる。

【0110】このように、実施の形態2の磁気ディスク装置によれば、外乱推定器16と補正器15の構成に必要な加算器の数を実施の形態1の磁気ディスク装置に比べて削減することができる。したがって、実施の形態2の磁気ディスク装置は、実施の形態1と比べて、より簡単な構成でヘッド位置決め制御系に外乱として作用する軸受摩擦や弾性力や慣性力などのアーム3に作用する外乱 τd とを推定することが可能となり、ヘッドの位置決め制御を安定に行うことができ、磁気ヘッド2を狭いトラックピッチで形成された目標トラックに高い精度で位置決めさせることができる。

【0111】さらに、実施の形態2の磁気ディスク装置においては、加算器の数を削減したことにより、位置制御系をアナログ回路などのハードウェアで実現する場合には、回路の調整を簡単化できる。また、位置制御系をソフトウェアで実現する場合には、演算処理による演算時間遅れを短縮することが可能である。

【0112】図2のブロック30と同じように構成された外乱推定器12においては磁気ディスク装置のセクタサーボのサンプリング周波数の影響を受けない。したが

って、外乱推定器12の制御帯域は、位置決め制御系の制御帯域よりも高く設定することができる。

【0113】さらに、実施の形態2の磁気ディスク装置においては、外乱推定器16と補正器15を構成する加算器の数を削減できるので、制御系をアナログ回路などのハードウェアで実現する場合には、回路の調整を簡単化できる。また、制御系をソフトウェアで実現する場合には、演算処理による演算時間遅れを短縮することが可能となり、より制御帯域を高めることが可能となる。

10 【0114】なお、上述してきた各実施の形態では、乗算器や積分器はアナログ・フィルタで構成するもので説明したが、デジタル・フィルタで構成することも可能である。さらに、各実施の形態の位置制御系を構成する各部についてはマイクロコンピュータによるソフトウェアにより実現するようにしてもよい。

【0115】なお、以上説明した各実施の形態では磁気ディスク装置で説明したが、本発明は、これに限定されるものではない。

【0116】

20 【発明の効果】以上のように本発明のディスク装置によれば、外乱推定手段によりアクチュエータ手段の軸受摩擦やアクチュエータ手段と回路基板とを接続するFPCの弾性力やディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ手段に作用する慣性力などの外乱を正確に検出することができ、目標トラックに向かうフォロ잉動作時にアクチュエータ手段に作用する外乱の変動が大きくても、外乱の変動を補償できるので、目標トラックに対するヘッドの位置決め精度を向上させることできる。併せて、ディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ手段の受ける慣性力を打ち消すことで、ディスク装置の耐衝撃特性を向上させることができ、ヘッドの位置決め制御を安定に行うことができる。

30 【0117】したがって、アクチュエータ手段の小型軽量化によりアクチュエータ手段に作用する外乱が位置決め制御系に与える影響が大きくなったときに、本発明のディスク装置によればヘッドの位置決め精度を向上させて対応することが可能であり、トラック密度を従来より高めることができるので大容量のディスク装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態1にかかわる磁気ディスク装置の構成を示すブロック図

【図2】 本発明の実施の形態1の位置決め制御系の全体構成を示すブロック線図

【図3】 本発明の実施の形態1の外乱推定器の外乱推定動作を説明するためのブロック線図（a）と、（a）のブロック線図を等価変換したブロック線図（b）と、（a）のブロック線図をまとめて表現したブロック線図

50 【図4】 本発明の実施の形態1の磁気ディスク装置に

加わる外乱を抑制する動作を説明するためのブロック線図 (a) と、(a) のブロック線図を等価変換したブロック線図 (b)

【図 5】 本発明の実施の形態 1 の磁気ディスク装置に加わる外乱に対する遮断周波数特性図

【図 6】 本発明の実施の形態 1 の磁気ディスク装置に加わる外乱の変動と外乱推定器が出力する外乱推定信号の時間波形図 (a) と、外乱推定器の出力する外乱推定信号を補正器に入力しない場合の駆動電流時間波形図

(b) と、外乱推定器の出力する外乱推定信号を補正器 10 に入力して外乱の変動を打ち消した場合のトラック誤差の時間波形図 (c)

【図 7】 本発明の実施の形態 1 の外乱推定器で駆動コイルのインダクタンスを考慮したときの位置決め制御系のオープンループ周波数特性図

【図 8】 本発明の実施の形態 1 の外乱推定器で駆動コイルのインダクタンスを考慮しなかったときの位置決め制御系のオープンループ周波数特性図

【図 9】 本発明の実施の形態 1 の駆動コイルに並列接続するコンデンサと抵抗の回路構成図

【図 10】 本発明の実施の形態 1 の外乱推定器の変更箇所のブロック線図

【図 11】 本発明の実施の形態 2 にかかわる磁気ディスク装置の構成を示すブロック図

【図 12】 本発明の実施の形態 2 の位置決め制御系の全体構成を示すブロック線図

【符号の説明】

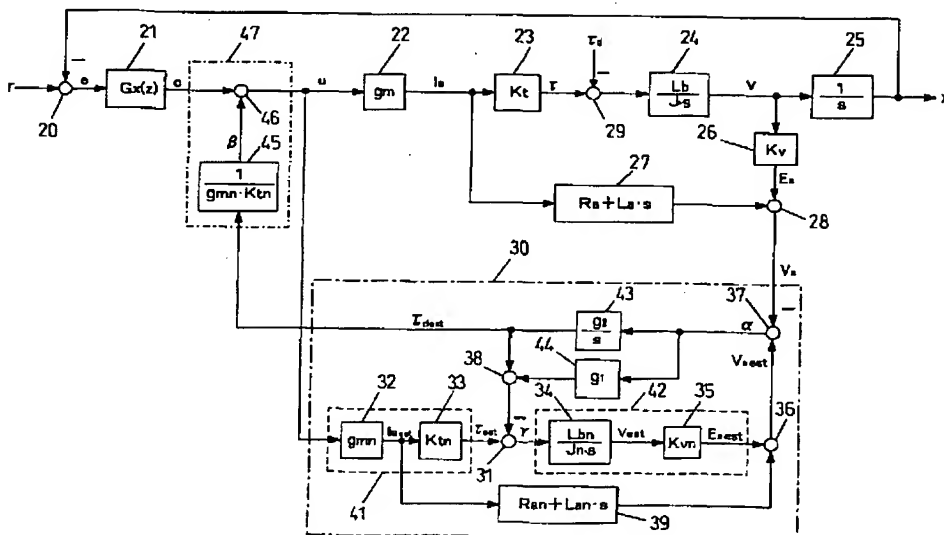
- 1 磁気ディスク
- 2 磁気ヘッド
- 3 アーム

- 4 軸受
- 5 駆動コイル
- 6 固定子 (ヨーク)
- 7 アクチュエータ (アクチュエータ手段)
- 10 駆動器 (駆動手段)
- 11 電圧検出器 (電圧検出手段)
- 12, 16 外乱推定器 (外乱推定手段)
- 13 位置検出器 (位置検出手段)
- 14 位置制御器 (位置制御手段)
- 15 補正器 (補正手段)
- 32, 33 第 1 の乗算器 (第 1 の乗算手段)
- 43 第 1 の積分器 (第 1 の積分手段)
- 44 第 2 の乗算器 (第 2 の乗算手段)
- 34, 35 第 2 の積分器 (第 2 の積分手段)
- 37 比較器 (比較手段)

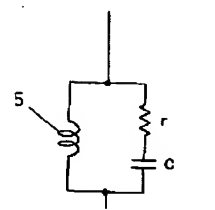
- u 駆動信号
e 位置誤差信号
c 位置制御信号
v ヘッド移動速度
20 v_{est} 速度推定信号
 τ 駆動トルク
 τ_d 外乱
 τ_{dest} 外乱推定信号
 I_a 駆動電流
 $I_{a_{est}}$ 推定電流
 E_a 誘起電圧
 $E_{a_{est}}$ 誘起電圧推定信号
 $V_{a_{est}}$ 電圧推定信号
 β 補正信号

30

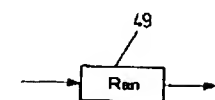
【図 2】



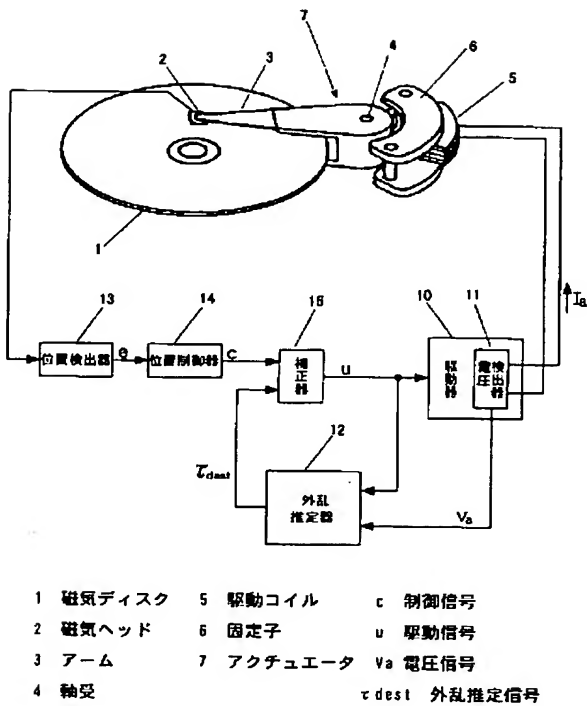
【図 9】



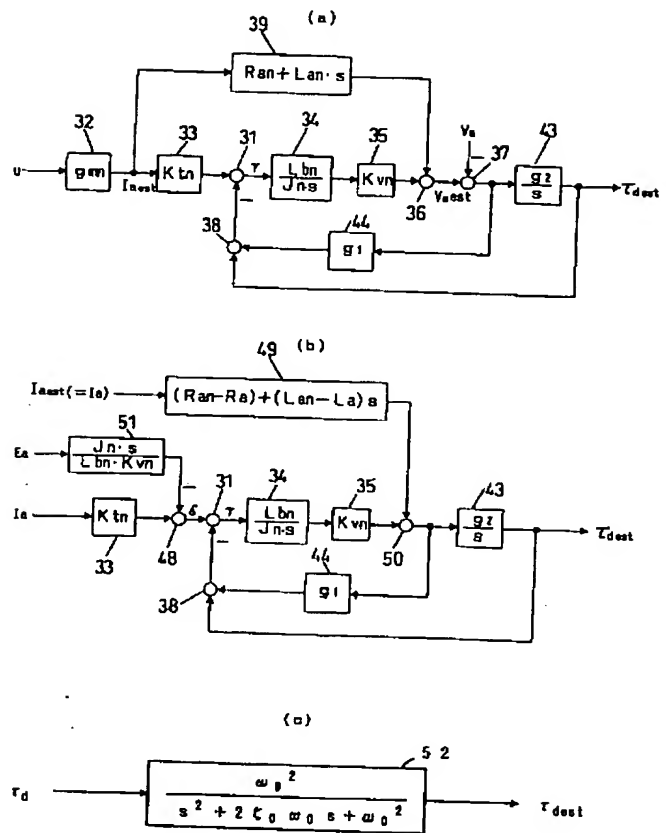
【図 10】



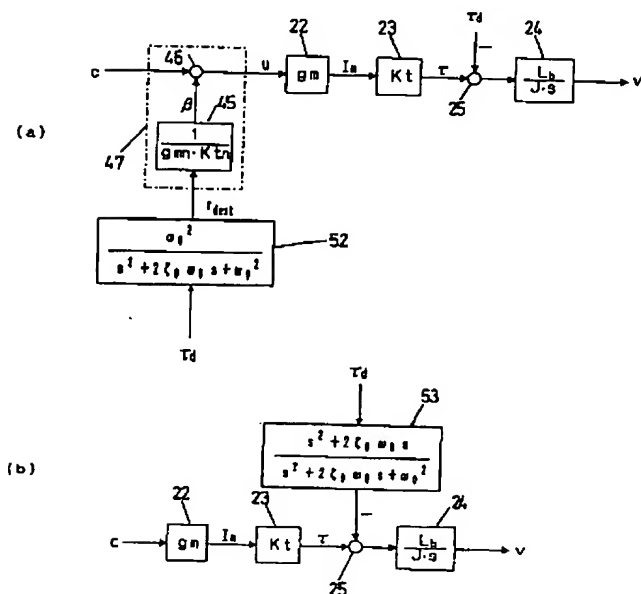
【図1】



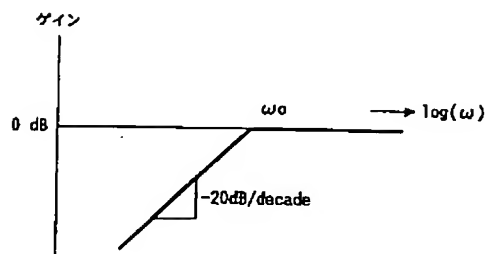
【図3】



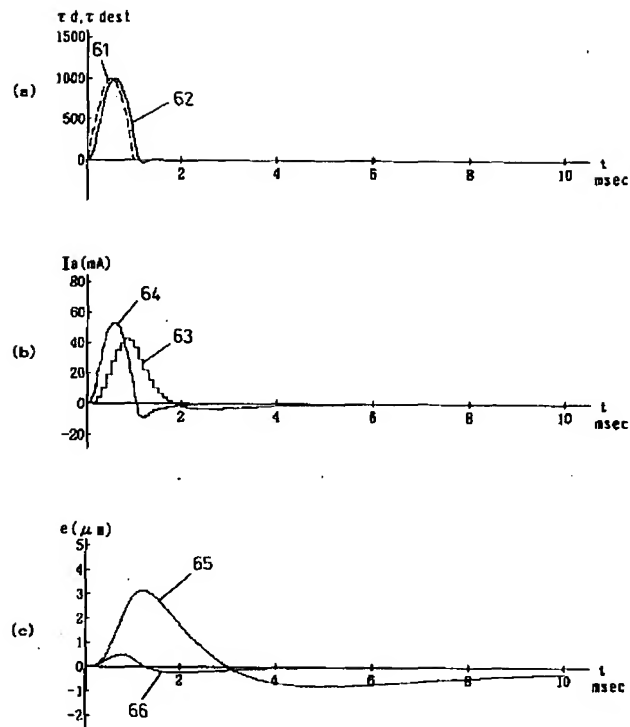
【図4】



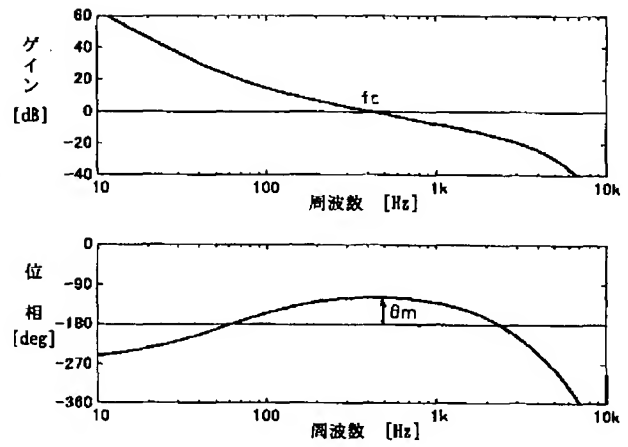
【図5】



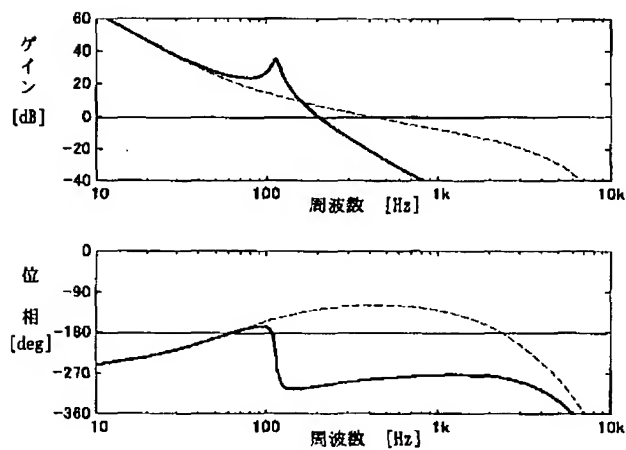
【図6】



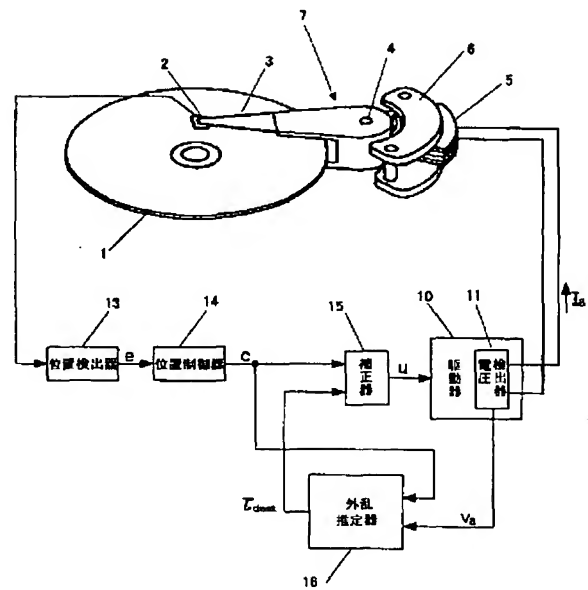
【図7】



【図8】



【図11】



The diagram illustrates a control system for a motor. The main system consists of a reference input r entering a summing junction (20) with a negative feedback signal. The resulting error signal e is processed by a block $Gx(z)$ (21) to produce a control signal u . This signal u is fed into a summing junction (47) where a feedback signal from block 45 is subtracted. The output of junction 47 is u , which is then integrated by block gm (22) to produce h . This signal h is fed into block Kt (23) to produce τ . The signal τ is then fed into a summing junction (29) where a negative feedback signal from block 27 is subtracted. The output of junction 29 is τ , which is then fed into block Lb/Js (24) to produce v . The signal v is fed into block $1/s$ (25) to produce the output y . A feedback signal y is fed back to the summing junction (20). Additionally, a feedforward path is shown where the output y is fed into block Kv (26) to produce E_v . This signal E_v is then fed into a summing junction (28) where a negative feedback signal from block 27 is subtracted. The output of junction 28 is E_v , which is then fed into block $Ra + La \cdot s$ (27) to produce τ , which is fed back to the summing junction (29). A detailed view of the motor's internal dynamics is shown in a dashed box (60). This view includes a summing junction (31) where a negative feedback signal from block 32 is subtracted from the control signal u . The output of junction 31 is τ , which is fed into block gm (33) to produce h . This signal h is then fed into block Kt (34) to produce τ . The signal τ is then fed into a summing junction (35) where a negative feedback signal from block 36 is subtracted. The output of junction 35 is τ , which is then fed into block Lbn/Jn (37) to produce v . The signal v is then fed into block Kv (38) to produce E_v . The signal E_v is then fed into a summing junction (39) where a negative feedback signal from block 40 is subtracted. The output of junction 39 is E_v , which is then fed into block $Rn + Ln \cdot s$ (41) to produce τ , which is fed back to the summing junction (31). A feedback signal y is fed back to the summing junction (31) via block 42 . A feedforward path is also shown where the output y is fed into block 43 to produce τ , which is fed back to the summing junction (31). A summing junction (44) is also shown where a negative feedback signal from block 45 is subtracted from the control signal u . The output of junction 44 is u , which is fed into block gm (46) to produce h , which is then fed into block Kt (47) to produce τ , which is fed back to the summing junction (31).